

# **Einfluss von Corneal Cross Linking auf die Folgeversorgung mit Kontaktlinsen**

**Bachelorarbeit**  
im Studiengang Augenoptik  
der  
Hochschule für Technik und Wirtschaft Aalen

**Patrick Patzelt**

Erstprüfer:	Prof. Dr. Andreas Holschbach
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Jens Singer

Bearbeitungszeitraum: 23. Mai 2011 bis 21. September 2011

Nürnberg, September 2011

## Kurzfassung

**Hintergrund:** Ziel dieser Bachelorarbeit war zu überprüfen, welche Auswirkungen Corneal Cross Linking auf die weitere Versorgung von Keratokonuspatienten mit formstabilen Kontaktlinsen hat.

**Patienten und Methode:** 15 Keratokonuspatienten, die formstabile Kontaktlinsen trugen und in der Vergangenheit eine Kollagenvernetzung erhalten hatten, wurden anhand ihrer Patientendaten hinsichtlich der Veränderungen von Hornhautradien, Sehleistung und Kontaktlinsenparametern untersucht.

**Ergebnisse:** Der flache Hornhautmeridian vor CCL (MW 7,25mm, SD  $\pm 0,48$ mm) unterscheidet sich nicht signifikant (Wilcoxon,  $p=10\%$ ) vom flachen Hornhautmeridian nach CCL (MW 7,27mm, SD  $\pm 0,48$ mm). Alle Patienten konnten nach dem Eingriff weiterhin mit Kontaktlinsen versorgt werden, jedoch wurde bei 13 Patienten eine Neuanpassung aufgrund von Änderungen des Brechwerts oder der Linsengeometrie vorgenommen. Die Sehleistung mit Kontaktlinsen war nach Corneal Cross Linking bei 13 Patienten gleichbleibend oder besser.

**Schlussfolgerung:** Die Ergebnisse zeigen, dass eine Folgeversorgung mit Kontaktlinsen nach Corneal Cross Linking möglich ist und keine zusätzlichen Probleme als bei normaler Kontaktlinsenversorgung für den Anpasser darstellt. Erfahren jedoch die Hornhautradien bzw. der Brechwert eine Veränderung, sollten neue Kontaktlinsen angepasst werden, um eine bestmögliche Sehleistung für den Patienten zu erreichen.

**Schlüsselwörter:** Corneal Cross Linking • Keratokonus • Kontaktlinse • Hornhaut

## Abstract

**Background:** The aim of this bachelor thesis was to investigate effects of Collagen cross-linking on continuous supply with rigid gas permeable lens of patients suffering from keratoconus.

**Patients and Methods:** 15 people suffering from keratoconus and already have had Collagen cross-linking in the past were investigated. The examination included changes of corneal radii, visual performance and contact lens parameters.

**Results:** The flat corneal meridian before CCL (MW 7,25mm, SD  $\pm 0,48$ mm) does not differ significantly (Wilcoxon,  $p=10\%$ ) from the flat corneal meridian after CCL (MW 7,27mm, SD  $\pm 0,48$ mm). All patients still were able to continue wearing contact lenses, but a new adjustment because of modified contact lens parameters had to be done in about 80% of the cases. Visual performance was equal or even better in 13 patients.

**Conclusion:** Continuous supply with contact lenses after Collagen cross-linking is possible and combined with no other problems for the adjuster. If changes in corneal radii and refractive index occur, new contact lenses should be adjusted to achieve the best possible vision.

**Keywords:** Collagen cross-linking • Keratoconus • Contact Lens • Cornea

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung.....</b>	<b>2</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>2</b>
<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>3</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>4</b>
<b>1     Einleitung .....</b>	<b>5</b>
<b>2     Hintergrund .....</b>	<b>6</b>
2.1   Krankheitsbild des Keratokonus.....	6
2.2   Versorgung des Keratokonus mit Kontaktlinsen.....	7
2.3   Prinzip des Corneal Cross Linking.....	9
<b>3     Zielsetzung, Fragestellung und Erwartung.....</b>	<b>11</b>
3.1   Zielsetzung .....	11
3.2   Fragestellung .....	11
3.3   Erwartung .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
<b>4     Empirische Arbeit .....</b>	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
4.1   Patienten .....	12
4.2   Methode.....	12
4.3   Ergebnisse.....	13
4.3.1   Zentralradien und kleinster Radius im Bereich des Apex .....	13
4.3.2   Kontaktlinsenversorgung vor und nach CCL .....	14
4.3.3   Visus .....	17
<b>5     Diskussion.....</b>	<b>19</b>
<b>6     Fazit .....</b>	<b>22</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>23</b>
<b>Bildquellen.....</b>	<b>25</b>
<b>Anhänge .....</b>	<b>26</b>
<b>Erklärung .....</b>	<b>29</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Diagnostik des Keratokonus durch die Testmarken eines Keratometers.....	S. 6
Abb. 2: Einteilung des Keratokonus nach der erweiterten Amslertabelle.....	S. 7
Abb. 3: Prinzip der Dreipunktauflage.....	S. 8
Abb. 4: Schematischer Aufbau der Hornhaut.....	S. 9
Abb. 5: Bestrahlung des Hornhautstromas mit UV-A.....	S. 9
Abb. 6: Veränderung des flachen Zentralradius nach Corneal Cross Linking.....	S. 14
Abb. 7: Veränderung des steilen Zentralradius nach Corneal Cross Linking.....	S. 15
Abb. 8: Kontaktlinsengeometrie der Patienten vor Corneal Cross Linking.....	S. 16
Abb. 9: Kontaktlinsengeometrie der Patienten nach Corneal Cross Linking.....	S. 16
Abb. 10: Angepasste Kontaktlinsen nach Corneal Cross Linking.....	S. 17
Abb. 11: Veränderung des Visus nach Corneal Cross Linking.....	S. 18
Abb. 12: Visus mit Kontaktlinsen vor und nach Corneal Cross Linking.....	S. 18

# 1 Einleitung

Das Leitbild der Augenerkrankung Keratokonus beschreibt eine progrediente Verdünnung und Versteilung der Hornhaut, die im weiteren Verlauf meist mit starken Irregularitäten und einer Versteilung der Zentralradien und peripheren Radien der Hornhaut verbunden ist. Mit einer normalen Brillenglaskorrektur lässt sich häufig nur ein mäßiges Korrekturergebnis mit verhältnismäßig schlechter Sehleistung erzielen. Anders ist dies bei der Korrektur mit speziellen, an die besondere Form der Hornhaut angepassten Kontaktlinsen, welche die Unregelmäßigkeiten der Hornhautoberfläche durch ihre feste Struktur ausgleichen. Die Sehleistung ist mit dieser Korrekturmethode meist besser als mit Brillenglaskorrektur. Stoppen oder verzögern kann die Anpassung dieser Kontaktlinsen den Keratokonus jedoch nicht [1]. Um ein Fortschreiten der Krankheit zu verlangsamen, wird neben anderen chirurgischen Verfahren seit 1999 die Kollagenvernetzung der Hornhaut, das Corneal Cross Linking (CCL) angewandt [2]. Durch die Entfernung der obersten Hornhautschicht des betroffenen Auges, Gabe von Medikamenten und anschließender Bestrahlung des Hornhautstromas mit UV-Licht in Kombination mit einem Photosensibilisator wird dieses verfestigt und ein Weiterwachsen des Keratokonus erschwert [3]. Ziel dieser Arbeit ist es zu überprüfen, welchen Einfluss das CCL auf die Hornhauttopographie und damit verbunden speziell auf die Folgeversorgung mit Kontaktlinsen hat.

## 2 Hintergrund

### 2.1 Krankheitsbild des Keratokonus

Der Keratokonus beschreibt eine fortschreitende, nicht entzündliche Erkrankung der Hornhaut, bei der es zu einer kegelförmigen Vorwölbung und Versteilung der Cornea kommt. Der Bereich, in dem die Hornhaut am dünnsten ist und infolgedessen die Hornhautradialen aufgrund der Vorwölbung am steilsten sind, befindet sich die Kegelspitze, die als Apex bezeichnet wird [4]. Der erste klinische Befund bei Keratokonus ist oft ein leichter irregulärer Astigmatismus, der sich durch verzerrte Testmarkenbilder bei der Untersuchung mit dem Skiaskop oder dem Keratometer bestätigt (Abb.1). Die Anamnese von Keratokonuspatienten weist eine progressive Myopie, Astigmatismus obliquus und eine Verminderung der durch Brillengläser korrigierten Sehschärfe auf. Dies führt zu einer allmählichen visuellen Beeinträchtigung [5,6]. Der Keratokonus entsteht allgemein auf beiden Augen, wobei ein Auge meist stärker betroffen ist. Die genaue Ursache für ein Auftreten des Keratokonus ist noch nicht erforscht, es gibt jedoch verschiedene Einflussfaktoren, die einen Ausbruch der Krankheit begünstigen wie beispielsweise genetischer oder umweltbedingter Art [4]. Zu den Symptomen des Keratokonus zählen zunehmende Unschärfe, verzerrte visuelle Wahrnehmung, Myopie und durch die irreguläre Form der Hornhaut hohe Astigmatismen als auch Lichtempfindlichkeit und monokular auftretende Doppelbilder [7]. Die Symptome nehmen im weiteren Verlauf der Krankheit zu und können bei jedem Patienten unterschiedlich stark sein. Erst ab dem 45. bis 50. Lebensjahr scheint sich in vielen Fällen ein stabiler Zustand einzustellen, der vermutlich schlicht auf eine altersbedingte kollagene Quervernetzung zurückzuführen ist, die Hornhaut sich also von selbst verfestigt [8].

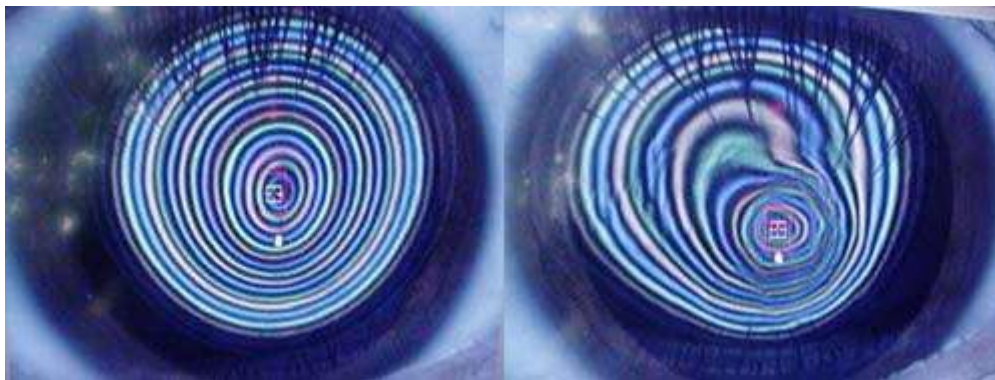


Abb. 1: Reflexbild durch Testmarken eines Keratometers rechts beginnender, links fortgeschrittener Keratokonus

Eine Korrektur des Keratokonus mittels Brillengläsern führt im Anfangsstadium noch zu relativ guten Sehleistungsergebnissen. Nimmt aber die Irregularität der Hornhaut zu, so ist meist nur mit der Anpassung formstabiler Kontaktlinsen eine zufriedenstellende Sehleistung zu erzielen. Neben der Kollagenvernetzung der Hornhaut, die häufig im Anfangsstadium angewandt wird, existieren weitere operative Verfahren wie beispielsweise das der Keratoplastik, bei der eine Spenderhornhaut in das betroffene Auge transplantiert wird. Diese Verfahren werden nur in Fällen eines fortgeschrittenen Keratokonus indiziert [9]. Die Einteilung nach dem Grad der Erkrankung beruht auf der klassischen Einteilung nach Prof. Marc Amsler in 4 Stadien, die den Verkippungswinkel der auf die Hornhaut projizierten Ophthalmometertestmarken angeben und wurde von Dieter Muckenhirn erweitert (Abb.2). Dank der modernen Technik der Videokeratographie kann der Keratokonus heute wesentlich schneller und einfacher diagnostiziert werden als zuvor.

Grad	Amsler-Winkel	Radius	Visus mit Brille	Visus mit KL	Hornhautdicke	Transparenz	n.E.
I	0°-3°	> 7,5	> 0,8	> 1,0	0,5	normal	< 0,8
II	4°-9°	6,5 - 7,5	> 0,2	> 0,8	0,4	normal	< 1,2
III	> 9°	5,8 - 6,5	> 0,1	> 0,4	0,25	leicht trüb	< 1,5
IV	unmessbar	< 5,8	< 0,1	> 0,2	< 0,2	stark trüb	> 1,5

Abb. 2: Einteilung des Keratokonus nach der erweiterten Amslertabelle nach Muckenhirn (1984)

## 2.2 Versorgung des Keratokonus mit Kontaktlinsen

Das Ziel einer Anpassung formstabiler Kontaktlinsen bei Keratokonus ist in erster Linie immer eine Verbesserung des Visus. Die durch die Vorwölbung und Unregelmäßigkeiten der Hornhaut entstehenden Abbildungsfehler sind in fortgeschrittenen Stadien des Keratokonus zu groß, um sie mit Brillengläsern ausreichend korrigieren zu können und akzeptable Sehleistungen zu erreichen. Anders ist dies bei formstabilen Kontaktlinsen, welche die Unregelmäßigkeiten durch die gleichmäßige, formtreue Vorderfläche und eine zwischen Kontaktlinsenrückfläche und irregulärer Hornhaut entstehenden Tränenlinse ausgleicht. Die Abbildungsqualität wird verbessert und aufgrund dessen auch meist die Sehleistung des Patienten.

Wichtig ist, dass durch die Anpassung mit Kontaktlinsen das geschwächte Auge, welches ohnehin aufgrund des Keratokonus empfindlicher für Verletzungen ist, nicht zusätzlich belastet wird und angepasste Kontaktlinsen langfristig physiologisch verträglich sein müssen. Demnach wird empfohlen, eine Kontaktlinsenanpassung auch nur dann vorzunehmen, wenn mit einer Brillenglaskorrektur keine ausreichende Sehschärfe mehr

erzielt werden kann [1]. Bei einer Versorgung mit Kontaktlinsen ist darauf zu achten, dass in jedem Fall der Bereich der Ektasie bzw. der Apex überbrückt oder zumindest entlastet werden muss, um mechanische Irritationen zu vermeiden. Demnach hat sich unter verschiedenen Anpassphilosophien die der Dreipunktauflage (Abb.3), bei der eine parallele Anpassung mit leichter Unterspülung im Bereich des Apex und einer ringförmigen peripheren Auflage sowie ein lockerer Sitz im Randbereich vorgenommen wird, als beste Variante erwiesen, um ein gutes Verhältnis von Sehschärfe und Verträglichkeit zu schaffen [10,11]. Je nach Form und Beschaffenheit der Hornhaut als auch dem Grad der Erkrankung können Kontaktlinsen mit unterschiedlichen Rückflächendesigns angepasst werden. Im Anfangsstadium sowie bei zentralen Ektasien kann bereits mit rotationssymmetrischen Flächendesigns ein gutes Sitzverhalten erreicht werden. Bei nicht zentral liegendem Apex und irreguläreren Hornhäuten können rücktorische, gegebenenfalls mit dezentrierter Optikzone gefertigte Kontaktlinsendesigns sowie quadrantenspezifische Kontaktlinsen angepasst werden um das gewünschte Ergebnis zu erlangen. Der Durchmesser kann bei allen Geometrien unterschiedlich gewählt werden. Auch der Wahl des Kontaktlinsenmaterials sollte besondere Bedeutung in Form von hochgasdurchlässigen und gut benetzbaren Materialien zukommen, um eine zusätzliche Belastung der Hornhaut durch Sauerstoffmangel zu vermeiden [12].

Regelmäßige Kontrollen der Kontaktlinse auf dem Auge sowie eine gute Dokumentation sind bei Keratokonuspatienten äußerst wichtig und sinnvoll um möglichen Veränderungen am Auge rechtzeitig und optimal entgegen wirken zu können. In Fällen eines Keratokonus im fortgeschrittenen Stadium in Kombination mit einer Kontaktlinsenintoleranz können intrastromale Ringsegmente (INTACS) implantiert werden, die eine Abflachung der Hornhaut mit sich ziehen und meist eine erfolgreiche postoperative Anpassung von Kontaktlinsen ermöglichen[13].

Kohlhaas kommt zu dem Fazit, dass bei Keratokonuspatienten alle 6 bis 12 Monate Kontrollen notwendig sind, unabhängig davon ob sie Brille oder Kontaktlinsen als Korrektionsmittel tragen. Liegt eine Progression der Ektasie vor, ist bereits im Keratokonusfrühstadium eine Kollagenvernetzung indiziert [14].

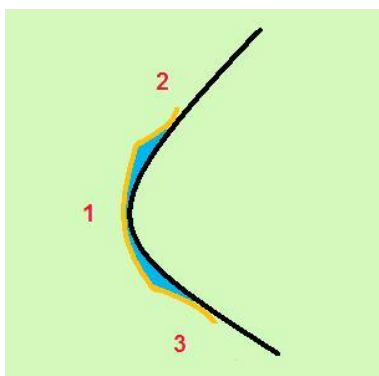


Abb. 3: Prinzip der Dreipunktauflage mit leichter Touchierung im Bereich des Apex



### 2.3 Prinzip des Corneal Cross Linking

Die Behandlung des Keratokonus durch Corneal Cross Linking beruht auf einer Verfestigung des Stromas, welches das Hauptgewebe der Hornhaut darstellt (Abb.4). Durch eine photochemische Vernetzung der Kollagenfasern im Stroma soll die Verdünnung der Hornhaut gestoppt und in einem konstanten Zustand gehalten werden [15]. Die Behandlung, die lokal erfolgt, beginnt mit einer Tropfanästhesie des Auges. Als nächster Schritt wird im Zentrum der Hornhaut eine Epithelabrasio durchgeführt und Riboflavinlösung, die als Photosensibilisator wirkt, auf die Hornhaut getropft. Nachfolgend wird das Auge 30 Minuten lang mit UVA-Licht bestrahlt (Abb.5). „Riboflavin setzt einmal in Kombination mit der UVA-Strahlung Radikale frei, die die Vernetzung im vorderen Hornhaut-Stroma (100 bis 200µm) erzeugen, andererseits verhindert es durch Absorption der UVA-Strahlung die Schädigung nachgelagerter Medien“ [16]. Abschließend wird eine Verbandlinse auf das vernetzte Auge gesetzt und mit Augentropfen, die als antibiotische und steroidale Entzündungshemmer fungieren, mehrmals täglich behandelt bis sich das Epithel wieder geschlossen hat [2,3,15,17]. Vereinzelt kann es zu leichten subepithelialen Trübungen in den ersten Folgemonaten kommen, 6 Monate nach Therapie stellt sich dann aber ein regulärer Befund ein [17]. Weitere Nebenwirkungen sind nicht bekannt. Insbesondere wurden nach dem CCL keine Endothelzellschäden und kein Katarakt festgestellt [3,6].

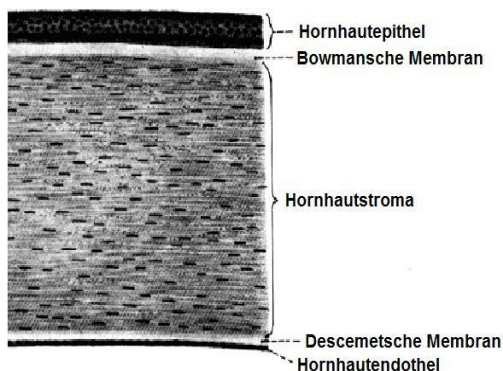


Abb. 4: Schematischer Aufbau der Hornhaut



Abb. 5: Bestrahlung des Hornhautstromas mit UV-A

Angewandt werden sollte Corneal Cross Linking möglichst im Anfangsstadium bei progredientem Keratokonus, da eine Dicke der Hornhaut von mindestens 400µ erforderlich ist um eine Schädigung des Endothels durch die Bestrahlung mit UV-A zu verringern [1].

Mit der Kollagenvernetzung steht seit 1999 ein Verfahren zur Verfügung, um die biomechanische Stabilität und Festigkeit der Hornhaut zu erhöhen und so ein Fortschreiten des Keratokonus zu verhindern [3,17]. Sie kann sogar einen Anstieg der Sehleistung sowie eine leichte Abflachung der Hornhaut bedingen [17]. Desweiteren ist das Verfahren mit verhältnismäßig geringem Aufwand verbunden als auch kostengünstig und daher auch gut für die Anwendung in Entwicklungsländern geeignet [3,6,18].

## **3 Zielsetzung und Fragestellung**

### **3.1 Zielsetzung**

Ziel der Studie ist zu untersuchen, welchen Einfluss Corneal Cross Linking auf die Hornhautradien und damit verbunden auf die weitere Versorgung der behandelten Patienten mit formstabilen Kontaktlinsen hat und ob durch die Kollagenvernetzung Unterschiede im Vergleich zu vorherigen Anpassungen von Kontaktlinsen auftreten.

### **3.2 Fragestellung**

Folgende Fragen gilt es zu beantworten:

1. Wie haben sich die Hornhautradien nach dem CCL verändert und hat dies Auswirkungen auf die Kontaktlinsenversorgung?
2. Welche Linsengeometrien wurden nach CCL angepasst und haben sich diese im Vergleich zu vorherig angepassten Kontaktlinsen aufgrund der Behandlung verändert?
3. Bleibt der Visus nach CCL mit Kontaktlinsen konstant oder kommt es zu Veränderungen?

## **4 Patienten und Methode**

### **4.1 Patienten**

Es wurden 15 Patienten der Augenarztpraxis Dr. Jaksche und Kollegen Ansbach im Alter zwischen 17 und 57 Jahren mittels vorhandener Kranken- und Kontaktlinsenakten retrospektiv untersucht. Alle Patienten wurden aufgrund eines Keratokonus dem CCL unterzogen und wurden sowohl vor als auch nach der Behandlung mit formstabilen Kontaktlinsen versorgt. Zusätzliche Voraussetzungen waren, dass die Kollagenvernetzung mindestens 1 Jahr zurückliegt sowie eine ausreichende Dokumentation über angepasste Kontaktlinsen, Geometriedaten, Hornhauttopographien und Sehleistungen vor und nach CCL vorliegt. Bei allen Patienten wurde CCL im Zeitraum von 2007 bis 2008 durchgeführt. Bei keinem der Patienten waren außer einem progressiven Keratokonus und den für Keratokonus typischen Symptomen wie unter 2.1 beschrieben anderweitige Besonderheiten dokumentiert.

### **4.2 Methode**

Die sowohl elektronisch als auch in Karteiform dokumentierten Daten der in der retrospektiven Studie untersuchten Patienten wurden mit einer eigens erstellten Patientenkartei (siehe Anhang) erfasst und ausgewertet. Die Patientenkartei beinhaltet das Alter des Patienten, Zeitpunkt des CCL, Zentralradien in mm vor und nach der Behandlung (Auswertung der Hornhauttopographien mit dem Oculus Keratograph), den Visus ohne Korrektur, mit Kontaktlinse vor CCL und aktuell, als auch die Kontaktlinsenversorgung vor und nach CCL mit Datum, Linsentyp, Rückflächenradius, Durchmesser, Stärke und jeweils erreichtem Visus. Alle erfassten Daten beziehen sich auf mindestens 1 Jahr postoperativ.

## 4.3 Ergebnisse

### 4.3.1 Zentralradien

Der flache Zentralradius, der für die Anpassung formstabiler Kontaktlinsen essentiell ist, hatte sich bei 6 (40%) von 15 Augen nach CCL kaum verändert (Veränderung unter  $\pm 0,5/10$  mm). In 6 Fällen (40%) kam es zu einer leichten Versteilung mit einer maximalen Veränderung von  $1,7/10$  mm. Die restlichen 3 Augen (20%) erfuhren eine Abflachung des flachen Zentralradius, wobei in einem Fall die Veränderung deutlich war und maximal  $10,4/10$  mm betrug (Abb.6). Da der flache Zentralradius für eine Anpassung mit formstabilen Kontaktlinsen maßgebend ist, wurde hier der Wilcoxon-Test zum Vergleich zweier unabhängiger Stichproben hinsichtlich ihrer zentralen Tendenz angewandt ( $p=10\%$ ). Er ergab jedoch keinen signifikanten Unterschied zwischen dem flachen Zentralradius vor CCL (MW  $7,25$ mm, SD  $\pm 0,48$ mm) und dem nach CCL (MW  $7,27$ mm, SD  $\pm 0,48$ mm).

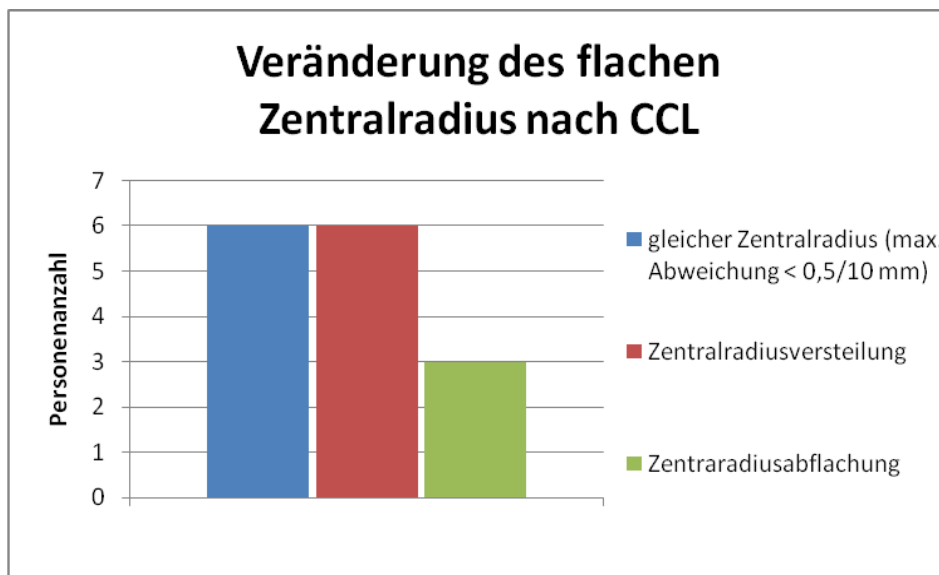


Abb. 6: Veränderung des flachen Zentralradius nach Corneal Cross Linking

Der steile Zentralradius hatte sich bei 5 Augen unter  $\pm 0,5/10$  mm verändert (33%) und kann als konstant angesehen werden. Bei 7 Augen kam es zu einer leichten Versteilung mit maximaler Veränderung von  $1,4/10$  mm (47%). In 3 Fällen (20%) kam es zu einer Verflachung (Abb. 7). Auch hier war bei einem Patientenauge eine deutliche Abflachung nach CCL von  $12,4/10$  mm zu erkennen.

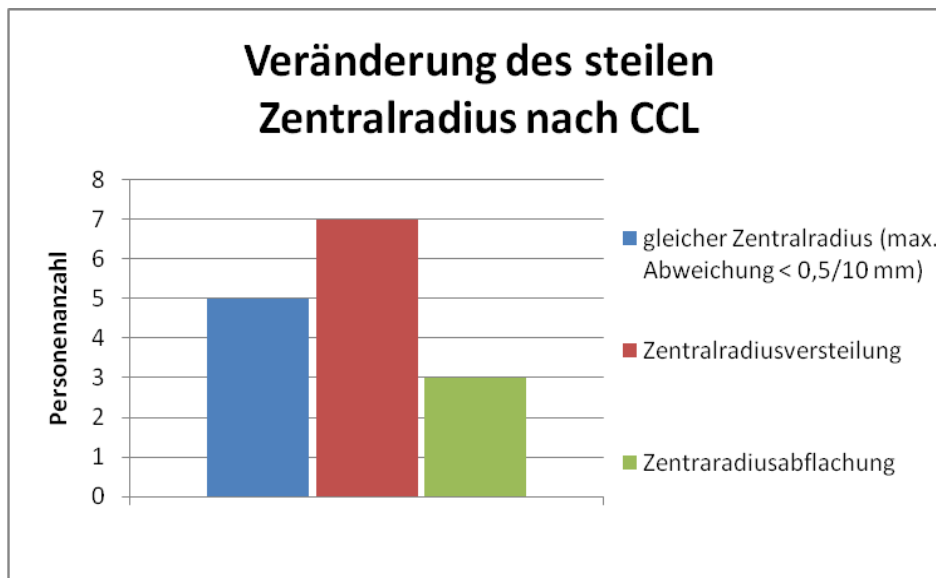


Abb. 7: Veränderung des steilen Zentralradius nach Corneal Cross Linking

Eine genaue Übersicht über die Veränderungen für jeden einzelnen Patienten findet sich im Anhang unter „Übersicht über die Hornhautparameter prä-und postoperativ“.

#### 4.3.2 Kontaktlinsenversorgung vor und nach CCL

Vor CCL wurden die Patienten mit formstabilen Kontaktlinsen unterschiedlicher Rückflächegeometrien versorgt. Die Mehrheit der Patienten (80%) trug sphärische Keratokonuslinsen, 2 Patienten (13%) trugen reguläre sphärische, rotationssymmetrische Kontaktlinsen und 1 Patient (7%) torische Konuslinsen (Abb.8). Nach CCL trugen 10 Patienten (67%) sphärische Keratokonuslinsen und 2 Patienten (13%) torische Keratokonuslinsen. Rotationssymmetrische Kontaktlinsen wurden nicht mehr verwendet. Dafür wurden bei 3 Patienten (20%) je eine grenzlimbale Kontaktlinse angepasst (Abb.9). In 2 Fällen konnte nach CCL die alte Kontaktlinse weiter getragen werden, bei den restlichen 13 Patienten wurde eine Neuanpassung vorgenommen. Hier wurde bei 6 Patienten der gleiche Linsenhersteller und Linsentyp verwendet und nur die Geometrie der Kontaktlinse in Bezug auf Durchmesser und Rückflächenradius sowie die Stärke modifiziert. Die verbleibenden 7 Patienten wurden mit anderen Linsengeometrien als vor CCL versorgt. Davon 3 Patienten mit grenzlimbalen Kontaktlinsen. 2 Patienten, die in der Vergangenheit rotationssymmetrische Kontaktlinsen getragen hatten, wurden mit sphärischen Konuslinsen versorgt und bei 2 Patienten, die vor CCL mit sphärischen Konuslinsen versorgt worden waren, wurden torische Konuslinsen angepasst.

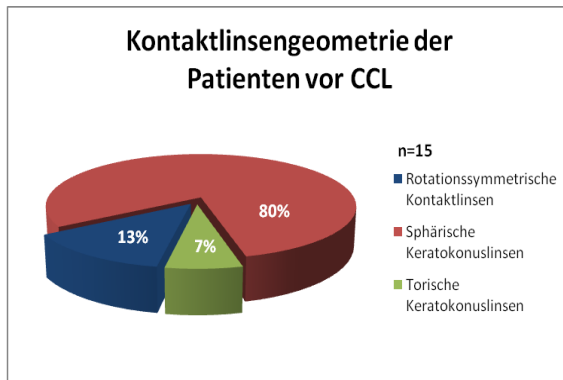


Abb. 8: Kontaktlinsengeometrie der Patienten vor CCL

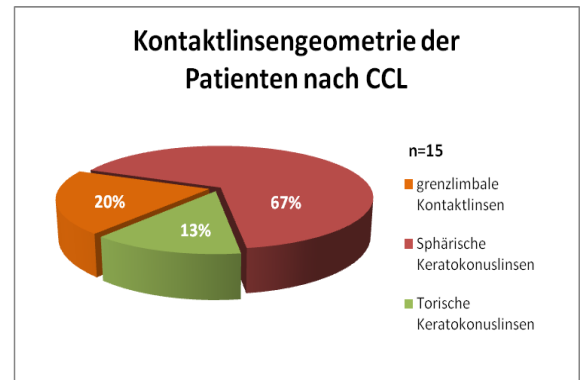


Abb. 9: Kontaktlinsengeometrie der Patienten nach CCL

Abb. 10 zeigt eine Übersicht über die Veränderungen, die an den Kontaktlinsen vorgenommen wurden. Auf eine Angabe der Stärken vor und nach CCL wurde verzichtet.

Patient	Angepasste KL vor CCL			Angepasste KL nach CCL		
	KL-Typ	Radius	Durchm.	KL-Typ	Radius	Durchm.
1	Konuslinse	6,60	9,0	Konuslinse	6,50	9,0
2	Konuslinse	6,85	9,2	Konuslinse	6,60	9,0
3	Konuslinse	7,55	9,2	grenzlimbale KL	7,85	11,2
4	Konuslinse	5,70	8,8	grenzlimbale KL	6,89	11,2
5	Rotationssymm. KL	6,80	9,2	Konuslinse	6,60	9,0
6	Rotationssymm. KL	7,40	9,2	Konuslinse	7,00	9,2
7	Konuslinse	7,75	9,4	Konuslinse	7,80	9,6
8	Konuslinse	6,70	9,0	Konuslinse	6,40	9,0
9	Konuslinse	7,60	10,5	torische Konuslinse	6,70	9,0
10	Konuslinse	7,60	10,5	torische Konuslinse	6,80	9,2
11	torische Konuslinse	7,50	9,8	grenzlimbale KL	7,67	11,2
12	Konuslinse	6,60	8,8	Konuslinse	6,60	8,8
13	Konuslinse	6,80	9,0	Konuslinse	6,80	9,0
14	Konuslinse	6,60	9,0	Konuslinse	6,65	9,0
15	Konuslinse	7,20	9,4	Konuslinse	6,60	9,0

Abb. 10: Veränderungen der Kontaktlinsen nach Corneal Cross Linking

Bei den Patienten, bei denen andere Linsengeometrien verwendet wurden (rot hinterlegt), ist es nicht sinnvoll, eine Gegenüberstellung der Kontaktlinsenparameter vor und nach CCL vorzunehmen, da aus einer veränderten Kontaktlinsengeometrie in jedem Fall eine Änderung aller anderen Parameter der Kontaktlinse resultieren. Daher können, abgesehen von den 2 unveränderten Kontaktlinsen (grün hinterlegt), nur die Patienten mit gleichem Kontaktlinsentyp betrachtet werden (blau hinterlegt).

Hierbei zeigt sich, dass bei allen Kontaktlinsen der 6 Patienten mit gleichbleibendem Linsentyp eine Modifikation des Rückflächenradius zu beobachten ist, davon bei 4 eine Versteilung der Kontaktlinse von maximal 6/10 mm und bei 2 ein leichte Abflachung von max. 0,5/10 mm. Eine Veränderung des Durchmessers tritt bei 3 Kontaktlinsen auf, davon 1 Vergrößerung und 2 Verringerungen des Durchmessers. Die Änderung der Stärke weist bei allen 6 Kontaktlinsen einen Trend in Richtung Minus auf.



### 4.3.3 Visus

Bei 7 Patienten (47%) blieb der Visus konstant, 5 Patienten (33%) erfuhren eine Visussteigerung, davon 3 um eine Visusstufe, 1 um zwei Visusstufen und 1 Patient sogar um drei Visusstufen. Bei 3 Patienten (20%) kam es zu einer Visusminderung um jeweils 1 Visusstufe (Abb. 11). Der durchschnittliche Visus vor CCL (MW(log) 0,68,  $SD \pm 0,16$ ) unterschied sich kaum von dem nach CCL (MW(log) 0,74,  $SD \pm 0,14$ ). Der bestmögliche Visus der Patienten war sowohl vor als auch nach CCL in allen Fällen mit Kontaktlinsen erreicht worden.

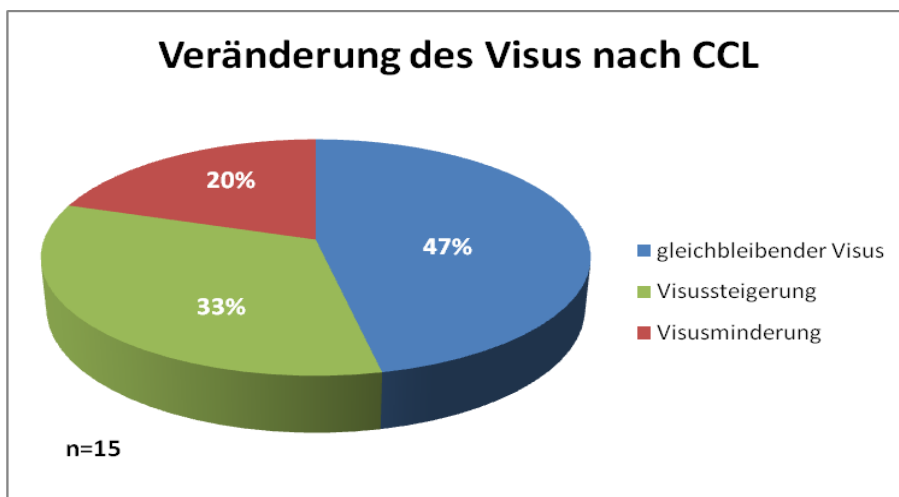


Abb. 11: Veränderung des Visus nach Corneal Cross Linking

Abb. 12 zeigt eine Übersicht über den Visus der Patienten vor und nach CCL. Die blaugefärbten Punkte stehen für 1 Person, die gelbgefärbten für 2 Personen und die rotgefärbten Punkte für 3 Personen. Eine Auflistung über die Visusveränderung jedes einzelnen Patienten findet sich im Anhang unter „Visusverlauf der einzelnen Patienten“.

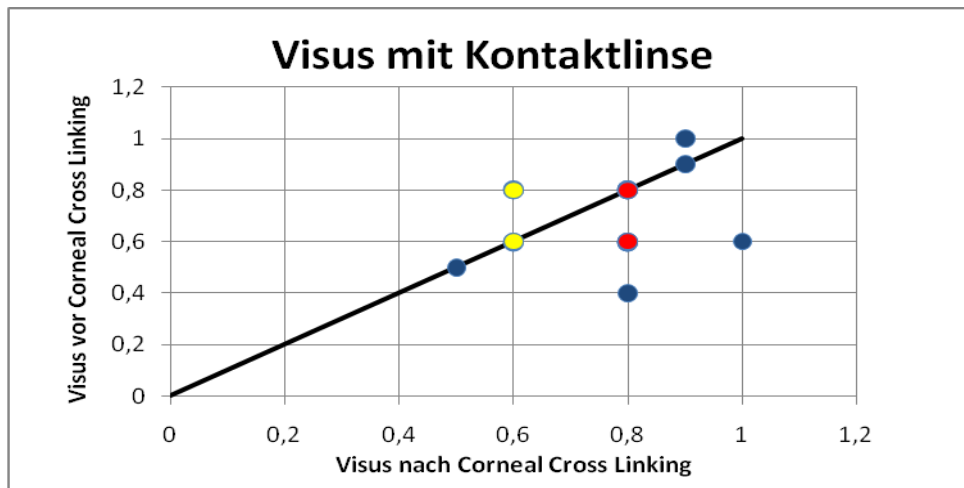


Abb. 12: Visus mit Kontaktlinsen vor und nach Corneal Cross Linking

(Anmerkung: Die blauen Punkte entsprechen 1 Patient, gelbe Punkte 2 Patienten und rote Punkte 3 Patienten)

## 5 Diskussion

Vorausgehende Studien zu CCL haben gezeigt, dass verschiedene Meinungen und Ergebnisse über die Effektivität dieser Therapieform des Keratokonus existieren. Greenstein et al. sahen nach CCL und der nachfolgenden Abheilungsphase von 12 Monaten den Apex der Patienten wieder zur Ausgangslage zurückkehren [11]. Kohlhaas hingegen beobachtete, dass die Progression des Keratokonus durch CCL gestoppt wird, sich wohl aber die K-Werte und damit auch die Radien der Hornhaut verändern [6]. Fischl wiederum kam in seiner Studie zu dem Ergebnis, dass sich auch nach mehreren Jahren postoperativ die Radien verändern [8]. Da sich die Messung der Hornhauttopographien der CCL-Patienten der hier durchgeführten Studie jedoch auf ungefähr 1 Jahr postoperativ beziehen, ist ein Vergleich mit seiner Studie nicht gerechtfertigt. Die bei der Kollagenvernetzung erforderliche Epithelabrasio sowie der Strukturwandel des Stromas durch die Bestrahlung in Kombination mit Riboflavin stellen durchaus einen mechanischen Eingriff in die Struktur der Hornhaut dar. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass Corneal Cross Linking Veränderungen der Form und Radien der Hornhaut bewirken kann. Dies wurde bereits in vorhergegangenen prospektiven Studien belegt [17,18]. Es kam in vielen Fällen zu einer leichten Versteilung der Zentralradien, was sich mit den Ergebnissen von Fischl deckt, der Keratokonuspatienten vor und nach CCL kontaktlinsentechnisch betreute und Versteilungen um nahezu 10/10 mm feststellte [8]. Des Weiteren war bei einem Großteil der Patienten eine Abflachung im Bereich des Apex zu erkennen. Diese Verringerung des Keratometerwertes an der Kegelspitze des Konus wurde bereits von Ecke beschrieben [16]. Ein Patient fiel durch starke Geometrieänderungen besonders auf. Bei diesem lieferten die Hornhauttopographien sehr untypische Ergebnisse, die sich nicht mit den Messwerten der restlichen Patienten deckten. Jedoch konnte eine Richtigkeit der Werte anhand der angepassten Kontaktlinsen vor und nach CCL nachvollzogen werden. Trotzdem muss berücksichtigt werden, dass das Verfahren der Hornhautoberflächenmessung mit dem Keratographen Messfehler aufweisen kann. Bei einer erneuten Studie mit Durchführung der Hornhautoberflächenvermessung könnte es sich deshalb als sinnvoll erweisen, mehrere Messungen pro Patient durchzuführen, um mögliche Fehler bei der Vermessung zu erkennen und zu verringern. Desweiteren befanden sich die behandelten Augen in unterschiedlichen Stadien des Keratokonus. Wenn man die Hornhauradien der Patienten vor CCL nach der Amslertabelle betrachtet, so kommen nach der Gradeinteilung des Keratokonus vom Anfangsstadium bis hin zum fortgeschrittenen Stadium alle vertretbaren Formen vor. Einige Autoren empfehlen, bei progredientem Keratokonus frühstmöglich eine Kollagenvernetzung durchzuführen [14]. Es gibt Hinweise darauf, dass sich Hornhäute mit Keratokonus im Anfangsstadium besser vernetzen lassen als solche im fortgeschrittenen

Stadium. Fischl zieht anhand eines Fallbeispiels eines Patienten mit CCL bei Keratokonus Grad 3 und anschließender Kontaktlinsenanpassung ein Jahr postoperativ durchaus in Erwägung, dass solche Kollagenvernetzungen nicht das gewünschte Ergebnis erzielen mögen und eine Progression auch nach CCL auftreten kann [8]. Demnach wäre es interessant, bei einer erneuten Studie Patienten auszuwählen, die das gleiche Krankheitsstadium zum Zeitpunkt des CCL aufweisen bzw. die Patienten in Gruppen nach Grad der Erkrankung einzuteilen und getrennt voneinander zu betrachten.

Alle Patienten konnten nach CCL weiterhin mit Kontaktlinsen versorgt werden. Die Entscheidung ob eine Neuanpassung nötig ist muss vom jeweiligen Anpasser unter Berücksichtigung der höchstmöglichen physiologischen Verträglichkeit der Kontaktlinse getroffen werden, da auch geringe Radianänderungen bereits zu verändertem Sitzverhalten wie Abdrücken, Festsitz oder Dezentration auf dem Auge führen kann. Zusätzlich sollte in jedem Fall bei einer Brechwertänderung eine neue Kontaktlinse angepasst werden, sofern sich durch diese die Sehleistung verbessert.

Da jeweils nur die letzte Kontaktlinse vor CCL und die erste Kontaktlinse mindestens 1 Jahr nach CCL betrachtet wurden, kann keine Aussage über die Intervalle, in denen Linsen ausgetauscht bzw. neu angepasst wurden, getroffen werden. Dies wäre durchaus für zukünftige Studien interessant.

Der Visus war nach CCL bei 80% der Patienten besser oder gleich geblieben. Der bestmögliche Visus wurde in allen Fällen mit Kontaktlinsen erreicht. Eine Verbesserung der Sehleistung bei einigen Patienten könnte laut Ecke aufgrund der Verringerung der Ektasie durch die Abflachung im Bereich des Apex begründet werden, die teilweise zu einer regelmäßigeren Hornhautoberfläche mit Verringerung des Astigmatismus und der Hornhautkrümmung führt [16]. Der leichte Visusabfall bei den restlichen 3 Patienten kann mit natürlichen Visusschwankungen zusammenhängen. Angemerkt werden muss, dass es sich beim Visus um eine subjektive Momentaufnahme handelt, die tagesformabhängig ist. Außerdem ist es durchaus möglich, dass die Sehleistung mit Kontaktlinsen speziell bei Keratokonuspatienten schwankt, weil Faktoren wie Tränenaustausch, Entspülung, Lage und Zentrierung der Kontaktlinse erheblich zu der Qualität des Sehens beitragen und schwieriger zu realisieren sind als bei Trägern konventioneller Kontaktlinsen. So kann sein, dass in einem Moment eine gute Sehleistung erreicht wird und nach dem nächsten Lidschlag der Visus abfällt, weil das optische System Auge-Kontaktlinse nicht mehr optimal funktioniert. In vorhergegangenen Studien [2,3,6], die den Visus nach CCL untersuchten, wurde kein Unterschied zwischen Sehleistung mit Brille oder Kontaktlinse getroffen. Bei der Aufnahme der Patientendaten wurde leider nicht der Visus mit Brille vor CCL sondern nur nach dem Eingriff notiert. Aufgrund der oben beschriebenen meist nach CCL verringerten Irregularität ist denkbar, dass eine Verbesserung oder zumindest eine gleichbleibende Sehleistung mit Brille nach CCL

vorhanden ist. Dies wäre bei einer erneuten Durchführung der Studie durchaus wichtig zu untersuchen.

## 6 Fazit

Corneal Cross Linking zeigt eine Therapiemöglichkeit auf, den fortschreitenden Keratokonus im Frühstadium zu bremsen und eventuell sogar zu stoppen. Somit kann eine Hornhauttransplantation hinausgezögert oder vermieden werden. Eine Folgeversorgung mit Kontaktlinsen stellt keine größeren Probleme dar, das Auge muss aber definitiv neu vermessen und in vielen Fällen eine neue Kontaktlinse angepasst werden. Nach CCL war bei den Patienten in vielen Fällen ein Unterschied der Hornhautradien zu erkennen, wodurch neue Kontaktlinsen angepasst werden mussten. Eine Signifikanz wurde aber nicht nachgewiesen. Es sollten weitere Studien folgen, in denen untersucht wird, ob sich nach CCL der Tauschrhythmus der Kontaktlinsen aufgrund erforderlicher Geometrieänderungen verringert. Ebenfalls interessant wäre zu untersuchen, ob der Tränenfilm durch CCL wie bei anderen chirurgischen Eingriffen an der Hornhaut abnimmt und ob dies Einfluss auf die Kontaktlinsenversorgung darstellt.

## Literaturverzeichnis

- 1 Müller-Treiber A: Kontaktlinsen Know-how 2. Auflage; Heidelberg, DOZ 2010 S. 530ff
- 2 Jankov II MR, Jovanovic V, Nikolic L, Lake JC, Kymionis G, Coskunseven E: Corneal collagen cross-linking. Middle East Afr J Ophthalmol. 2010, 17(1) S. 21-27
- 3 Wollensak G, Spörl E, Seiler T: Behandlung von Keratokonus durch Kollagenvernetzung. Der Ophthalmologe 2003, 100 S. 44-49
- 4 Müller-Treiber A: Kontaktlinsen Know-how 2. Auflage; Heidelberg, DOZ 2010 S. 518-521
- 5 Buchner SE: Behandlungsmethoden bei Keratokonus. Der Ophthalmologe, Springer 2008, 11 S. 4ff
- 6 Kohlhaas M: Keratokonus: Kollagenvernetzung als Therapieoption. Zeitschrift für praktische Augenheilkunde & augenärztliche Fortbildung, Kaden 2004, 25 S. 450
- 7 Espandar L, Meyer J. Keratoconus: overview and update on treatment. Middle East Afr J Ophthalmol. 2010, 17(1) S. 15-20
- 8 Fischl F: Kontaktlinsenversorgung nach Cornea Cross Linking bei Keratokonus. Die Kontaktlinse, Konradin 2010, 6 S. 4ff
- 9 Tomalla M, Cagnolati W: Modern treatment options for the therapy of keratoconus. Contact Lens and Anterior Eye 2007, 30(1) S. 61-66
- 10 Bischoff U: Keratokonus Lehrauftrag FH Aalen Teil1. 2011 S. 43
- 11 Greenstein SA, Shah VP, Fry KL, Hersh PS: Corneal thickness changes after corneal collagen crosslinking for keratoconus and corneal ectasia: one-year results. J Cataract Refract Surg. 2011, 37(4) S. 691-700
- 12 Eschmann R, Ecke C, Frueh B, Kreuter B, Müller-Treiber A, Neuweiler L, Spohn K, Widmer F: Der Keratokonus – Eine Informationsschrift für Interessierte und Betroffene Version 2010, S. 18

- 13 Cagnolati W: Keratokonus und Kontaktlinse 1. Die Kontaktlinse, Konradin 2009, 10 S. 23f
- 14 Kohlhaas M: Kollagenvernetzung als Therapieoption. Zeitschrift für praktische Augenheilkunde & augenärztliche Fortbildung, Kaden 2004, 25 S. 451
- 15 Kohlhaas M: Vortrag über die Behandlung des Keratokonus. Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde am Universitätsklinikum Carl Gustav Carus, o.J., o.S. web: <http://augen.uniklinikum-dresden.de/seite.asp?ID=104> (letzter Zugriff 21.07.2011)
- 16 Ecke C: Kontaktlinsen-Anpassung nach Behandlung des Keratokonus durch Kollagenvernetzung. Die Kontaktlinse, Konradin 2009, 12 S. 4ff
- 17 Herrmann C.I.A, Hammer T, Duncker G.I.W: Haze-Bildung nach Vernetzungstherapie bei Keratokonus. Der Ophthalmologe, Springer 2008, S. 485f
- 18 Agrawal VB: Corneal collagen cross-linking with riboflavin and ultraviolet – a light for keratoconus: results in Indian eyes. Indian J Ophthalmol. 2009, 57(2) S. 111-114



## Bildquellen

- 1 Diagnostik des Keratokonus durch die Testmarken eines Keratometers (Quelle: Kohlhaas M, Behandlung des Keratokonus, UKE Augenklinik 2004, Vortrag)
- 2 Einteilung des Keratokonus nach der erweiterten Amslertabelle nach Muckenhirn (Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Keratokonius>, letzter Zugriff 15.07.2011)
- 3 Prinzip der Dreipunktauflage (Quelle: P. Patzelt)
- 4 Schematischer Aufbau der Hornhaut (Quelle: <http://www.martin-mandl.com/da/histo.htm>, letzter Zugriff 24.07.2011, modifizierte Graphik )
- 5 Bestrahlung des Hornhautstromas mit UV-A (Quelle: <http://www.coral-ghanem.com.br/images/crosslinking.jpg>, letzter Zugriff 26.07.2011)
- 6 Veränderung des flachen Zentralradius nach Corneal Cross Linking (Quelle: P. Patzelt)
- 7 Veränderung des steilen Zentralradius nach Corneal Cross Linking (Quelle: P. Patzelt)
- 8 Veränderung der Radien im Bereich des Apex (Quelle P. Patzelt)
- 9 Kontaktlinsengeometrie der Patienten vor Corneal Cross Linking (Quelle: P. Patzelt)
- 10 Kontaktlinsengeometrie der Patienten nach Corneal Cross Linking (Quelle: P. Patzelt)
- 11 Angepasste Kontaktlinsen nach Corneal Cross Linking (Quelle: P. Patzelt)
- 12 Veränderung des Visus nach Corneal Cross Linking (Quelle: P. Patzelt)
- 13 Visus mit Kontaktlinsen vor und nach Corneal Cross Linking (Quelle: P. Patzelt)

## Anhänge

### 1. Patientenkartei zur Datenaufnahme

#### Patientenkartei

Patientennummer : \_\_\_\_\_

Geburtsdatum : \_\_\_\_\_ Telefonnummer : \_\_\_\_\_

Datum der CCL: \_\_\_\_\_ am Auge \_\_\_\_\_

HH-Topographie VOR CCL

Datum	Zentralradius steil	Zentralradius flach	Apex

HH-Topographie NACH CCL

Datum	Zentralradius steil	Zentralradius flach	Apex

KL-Versorgung VOR CCL

Datum	Zeitraum (Monate)	Linsentyp	Radius	ø	Stärke	Vcc

KL-Versorgung NACH CCL

Datum	Zeitraum (Monate)	Linsentyp	Radius	ø	Stärke	Vcc

Visus sc \_\_\_\_\_ Visus Brille \_\_\_\_\_

Letzter Visus VOR CCL \_\_\_\_\_ Aktueller Visus mit KL \_\_\_\_\_

Besonderheiten:

-----

-----

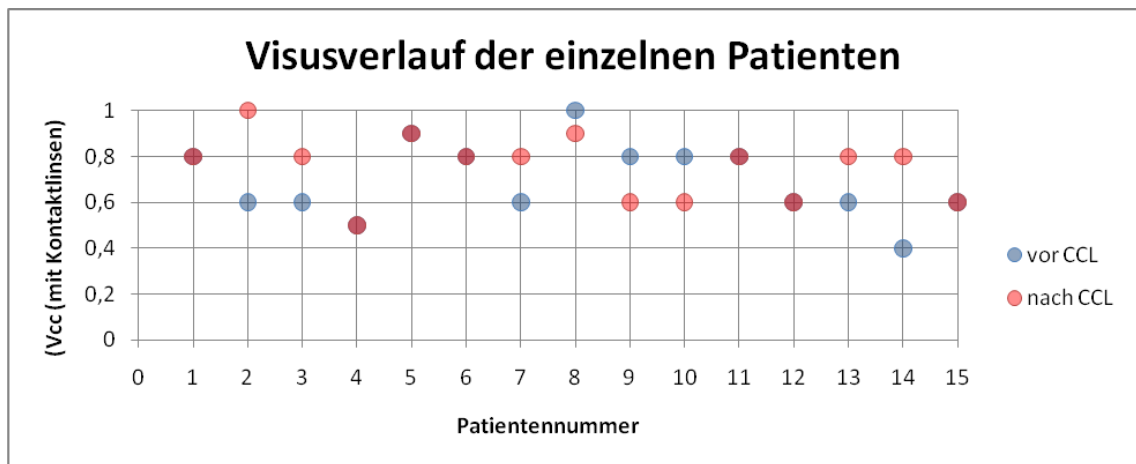
-----

-----

## 2. Übersicht über die Hornhautparameter prä- und postoperativ

Patient	Zentralradius flach (mm)		Zentralradius steil (mm)		Radius im Bereich des Apex (mm)	
	Vor CCL	Nach CCL	Vor CCL	Nach CCL	Vor CCL	Nach CCL
1	7,18	7,20	6,39	6,39	5,29	5,28
2	7,37	7,31	6,86	6,73	6,03	5,91
3	7,98	7,99	7,67	7,66	6,76	6,83
4	6,00	6,05	5,91	5,80	5,38	5,17
5	7,44	7,35	6,97	6,77	5,70	5,93
6	7,54	7,43	7,26	7,12	6,80	6,78
7	7,92	7,87	7,41	7,36	6,52	6,53
8	7,34	7,53	6,27	6,49	4,90	5,01
9	7,47	7,48	7,17	7,06	5,31	5,52
10	7,41	7,39	7,06	7,05	5,20	5,40
11	7,00	7,61	6,04	7,28	5,70	6,57
12	6,89	6,69	6,27	6,07	5,94	5,90
13	6,93	6,76	6,61	6,49	5,77	5,96
14	6,90	7,20	6,79	6,79	6,20	6,60
15	7,36	7,19	6,48	6,59	6,30	6,34

## 4. Visusverlauf der einzelnen Patienten



Anmerkung: Die dunkelrot hinterlegten Punkte zeigen einen gleichbleibenden Visus an.

## Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbständig angefertigt habe. Es wurden nur die in der Arbeit ausdrücklich benannten Quellen und Hilfsmittel benutzt. Wörtlich oder sinngemäß übernommenes Gedankengut habe ich als solches kenntlich gemacht.

---

Ort, Datum

---

Unterschrift

